PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 12. 22. Dezember 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
B. Glatzel, Quantitative Untersuchungen über Absorption und Reflexion im Ultraviolett. S. 173.
E. Villari, Wie die mit X-Strahlen durchsetzte Luft ihre entladende Kraft verliert und wie sie Ladungen mit hohen Potentialen entwickelt. S. 178.
G. Berndt, Über die Spektra von Radium und Polonium. S. 180.
G. Mie, Über mögliche Ätherbewegungen. S. 181.
Vorträge und Reden:
H. Poincaré, Über die Beziehungen zwischen der experimentellen und der mathematischen Physik. (Fortsetzung.) S. 182.
Besprechungen:
A. Heydweiller, Die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert. S. 187.
F. Harrwitz, Adressbuch für die deutsche Mechanik und Optik. S 187.
C. Bremiker, Logarithmisch-trigonometrische Tafeln. S. 188.
Personalien. S. 188.
Briefkasten. S. 188.
Berichtigungen. S. 188.
Anzeige. S. 188.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Quantitative Untersuchungen über Absorption und Reflexion im Ultraviolett.

Von Br. Glatzel.

In einer früheren Arbeit (Bd. I, Nr. 26, S. 285 dieser Zeitschrift) habe ich eine photometrische Methode angegeben, welche es ermöglichte, absolute Absorptionskoeffizienten im ultravioletten Spektralgebiete zu bestimmen. Von besonderem Interesse schien es, Substanzen zu untersuchen, welche eine sehr starke Absorption zeigen, um festzustellen, ob deren Betrag innerhalb der Grössenordnung der Metallabsorption liegt. Bereits Pauer[1]) hatte bei seinen Untersuchungen über die Absorption im Ultraviolett die Vermutung ausgesprochen, dass Benzol eine den Metallen annähernd gleiche Absorption zeigen würde, da schon die geringsten Spuren Benzoldampfes die charakteristischen Absorptionsmaxima deutlich hervortreten liessen. Ich habe zunächst diese Substanz untersucht und daran Bestimmungen für andere Kohlenwasserstoffe, Anthracen und Reten, angeschlossen. Hierbei ergab sich, wie ich gleich bemerken will, dass Benzol, selbst in den stark ausgeprägten Maximis, keine metallische Absorption besitzt, wohl aber die letztgenannten zwei Kohlenwasserstoffe. Das Beispiel des Benzols zeigt, in wie hohem Grade man sich in der Schätzung der Grössenordnung von Absorptionskoeffizienten nach dem blossen Augenschein irren kann, und wie wichtig es daher ist, absolute Messungen im Ultraviolett durchführen zu können.

Bezüglich der Beschreibung der benutzten Methode verweise ich auf Bd. I, S. 285 dieser Zeitschrift.

Der Absorptionskoeffizient α ist dadurch charakterisiert, dass die Intensität im Verhältnis $1 : e^{\alpha}$, die Amplitude der Schwingungen nach dem Durchgang durch eine Schicht von der Dicke d im Verhältnis $1 : e^{\frac{1}{2}\alpha}$ abnimmt. Der Extinktionsindex K dagegen ist dadurch definiert, dass die Amplitude der Schwingungen nach dem Durchgang durch eine Schicht von der Dicke der Wellenlänge λ im Verhältnis $1 : e^{2\pi\varkappa}$ abnimmt. Zwischen α und K besteht die Beziehung

$$\alpha = \frac{4\pi}{\lambda}\varkappa$$

In allen folgenden Tabellen ist der Absorptionskoeffizient α berechnet auf eine Flüssigkeitsschicht von 1 mm Dicke und auf die Konzentration 1 Molekül in 1 l, der Extinktionskoeffizient K dagegen für die reine Substanz, deren Molekulargewicht mit M bezeichnet ist; dazu wurde aus der Schichtdicke d der Lösung, ihrer Konzentration c und dem spezifischen Gewichte s der Substanz die Dicke δ derjenigen Substanzschicht ermittelt, welche unter Gültigkeit des Beerschen Gesetzes die gleiche Absorption zeigen würde, wie die Lösung in der Schichtdicke d von der Konzentration c. Die Umrechnung gestaltet sich folgendermassen:

In einer Flüssigkeitssäule von 1 cm² Basis und d mm Höhe sind enthalten $\frac{1}{c} M.d$ gr Substanz; würde dieselbe bei ungeändertem Querschnitt von 1 qcm eingedampft werden, und ist s das spez. Gewicht der reinen Substanz, so würde diese eine Dicke $\delta = \frac{M.d}{s.c}$ mm besitzen. Mit Hilfe von δ wird dann K berechnet. Die Absorptionskurven sind aus den in den Tabellen angegebenen Werten der Absorptionskoeffizienten α konstruiert, indem als Abscissen die Wellenlängen in $\mu\mu$ und als Ordinaten die Absorptionskoeffizienten eingetragen wurden.

1) J. Pauer, Wied. Ann. 61, 363, 1897.

Benzol. ($C_6 H_6$, $M = 78$, $s = 0{,}88$)

Das Absorptionsspektrum des Benzols ist qualitativ schon genau von Hartley[1]) und Pauer[2]) untersucht worden. Es zeigt 5 stark ausgeprägte Maxima bei den Wellenlängen $\lambda = 262\ \mu\mu$, $\lambda = 255\ \mu\mu$, $\lambda = 249\ \mu\mu$, $\lambda = 243{,}5\ \mu\mu$, $\lambda = 238{,}5\ \mu\mu$. Für diese Maxima und noch einige andere Stellen des Absorptionsspektrums bestimmte ich die Absorptionskoeffizienten und fand dabei die in folgender Tabelle zusammengestellten Werte.

Benzol.

λ	v	$\frac{s}{s_1}$	α	$\varkappa$
325	0	Beginn der Absorption		
268	10	4,7	2,19	0,00053
262	200 150 100	2,5 3,4 5,5	25,92 25,98 24,12	0,00596
260	100 80	2,0 2,3	9,806 9,426	0,00224
255	200 150	3,8 7,0	37,78 41,295	0,00[illegible]05
253	100 80	2,3 2,9	11,78 12,02	0,00271
249	200 150 100	2,9—3,0 4,6 9,0—9,5	30,12 32,39 31,47	0,00704
247	100 80	2,1 2,4	10,496 9,93	0,00226
243,5	200 150	2,2—2,3 3,1	22,31 24,02	0,00513
241	100 80	2,0 2,4	9,81 9,93	0,00224
238,5	100 80 50	2,4 2,8—2,9 4,9—5,0	12,41 11,85 11,31	0,00250

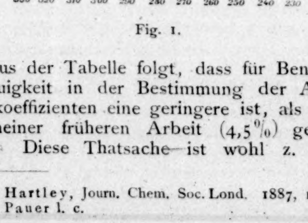


Fig. 1.

Aus der Tabelle folgt, dass für Benzol die Genauigkeit in der Bestimmung der Absorptionskoeffizienten eine geringere ist, als ich sie in meiner früheren Arbeit (4,5%) gefunden habe. Diese Thatsache ist wohl z. T. auf Konzentrationsänderungen zurückzuführen. Die Versuche wurden durchschnittlich bei einer Zimmertemperatur von 20°—25° C. angestellt. Da die Dampfspannung des Benzols bei dieser Temperatur eine recht beträchtliche (75—100 mm) und grösser als die des Alkohols (44—59 mm) ist, so dürften sich wohl die Konzentrationsänderungen durch eine stärkere Verdampfung des Benzols aus dem Alkohol heraus erklären lassen. Wahrscheinlich finden aber auch in der alkoholischen Benzollösung mit der Zeit Veränderungen statt, wie ich sie beim Anthracen (s. u.) beobachtet habe, und bewirken die Änderungen in der Grösse der Absorptionskoeffizienten. Das Resultat, dass die Absorptionskoeffizienten des Benzols, wie die Tabelle zeigt, bei weitem nicht die Grössenordnung der Metallabsorption erreichen, wird durch diese Fehlerquelle nicht beeinflusst.

1) Hartley, Journ. Chem. Soc. Lond. 1887, 152—200.
2) Pauer l. c.

Anthracen ($C_{14} H_{10}$, $M = 178$, $s = 1{,}024$)

Es wurden 0,0089 gr Anthracen in 200 ccm absolutem Alkohol gelöst, d. h. es war in 4000 l ein Molekül enthalten. Aus dieser Normallösung wurden die übrigen durch entsprechende Verdünnung hergestellt und dann durch photographische Aufnahmen der Absorptionsspektra der einzelnen Lösungen die für die Messung in den verschiedenen Absorptionsgebieten geeigneten Konzentrationen ausgewählt. Die Messungen der Absorptionskoeffizienten für eine Wellenlänge wurden an 2—3 verschiedenen Konzentrationen durchgeführt und dann aus den erhaltenen Werten das Mittel genommen. In den Tabellen der Absorptionskoeffizienten für Anthracen und Reten habe ich jedoch nur für je eine Konzentration das α angegeben, da die durch Umsetzungen in den Lösungen (s. u.) bewirkten Änderungen der Absorptionskoeffizienten den mittleren Fehler bei weitem übersteigen. Das Anthracen zeigt am Anfang des Ultraviolett vier stark ausgeprägte Hauptmaxima bei den Wellenlängen: $\lambda = 382\ \mu\mu$, $\lambda = 359\ \mu\mu$, $\lambda = 337\ \mu\mu$, $\lambda = 323\ \mu\mu$. Dicht neben einem jeden Hauptmaximum liegt ein schwächeres Nebenmaximum und zwar bei den Wellenlängen: $\lambda = 371\ \mu\mu$, $\lambda = 348\ \mu\mu$, $\lambda = 330\ \mu\mu$. Das vierte Nebenmaximum ist zu schwach, als dass man seine Lage genau bestimmen könnte. Das Absorptionsspektrum des Anthracens zeigt also in seinem ersten Teile einen vollkommen gleichen Bau bei jedem Maximum. Von 323 $\mu\mu$ bis zur Wellenlänge 270 $\mu\mu$ ist dann keine merkliche Absorption mehr vorhanden, dieselbe beginnt erst wieder bei 265 $\mu\mu$, steigt hier schnell an bis zu sehr hohen Werten und nimmt von 238 $\mu\mu$ an allmählich wieder ab. Ob auch diesem letzten, stark ausgeprägten Maximum ein schwächeres Nebenmaximum angeschlossen ist, konnte ich nicht sicher fest-

stellen, da sich meine Absorptionsuntersuchungen nur bis zur Wellenlänge 238 $\mu\mu$ etwa ausdehnten. Für die einzelnen Maxima und Minima bestimmte ich die Absorptionskoeffizienten. Die zu verschiedenen Zeiten ermittelten Absorptionskoeffizienten zeigten aber untereinander sehr beträchtliche Abweichungen, die sich nicht durch Fehler im Instrument oder bei der Herstellung der Lösungen erklären liessen. Als Ursache ergab sich, dass in der alkoholischen Anthracenlösung im Laufe der Zeit Veränderungen stattfinden, die auch durch das Licht stark beeinflusst werden. Wurden nämlich die Lösungen im dunkeln aufbewahrt, so zeigte sich einige Tage nach der ersten Untersuchung, dass alle Absorptionsmaxima an Grösse beträchtlich zugenommen hatten, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist.

Max.	λ	α am 1. Tag	α am 4. Tag	nach 4 Wochen
I	382	850	2659	
II	359	1250	2000	
III	337	825	über 1200	
IV	323	550	über 1200	
V	248	31000	45000	101400

Das Maximum V scheint zuerst, wie aus einigen Beobachtungen folgt, bis zu einem unteren Grenzwerte abzunehmen, um dann wieder zu steigen. Setzt man dagegen die Normallösung dem Einfluss des Sonnenlichtes aus und bestimmt dann wiederum die Absorptionskoeffizienten, so ergiebt sich, dass das Licht auf die Umsetzungen in der Weise einwirkt, dass sie z. T. im entgegengesetzten Sinne erfolgen. Es nehmen in diesem Falle die Maxima I—IV ab, während V wiederum zunimmt.

Max.	λ	unbelichtet α	belichtet (3 Tage) α
I	382	850	392
II	359	1250	446
III	337	825	392
IV	323	550	266
V	248	31000	67560

Nach dem Gesagten können daher auch die in folgender Tabelle für verschiedene Wellenlängen angegebenen Absorptionskoeffizienten und die nach ihnen konstruierte Absorptionskurve des Anthracens nur ein ungefähres Bild von der Grösse der Absorption geben. Aus demselben Grunde ist auch der Absorptionskoeffizient stets nur für eine einzige Konzentration angegeben.

Anthracen.

λ	v	$\frac{s}{s_1}$	α	$\varkappa$
382	4000	4,2	812	0,139
371	4000	2	392	0,065
359	4000	5	911	0,147
348	4000	3,6	725	0,113
337	4000	4	784	0,119
330	4000	2,4	496	0,073
323	4000	1,5	220	0,033
265	4000	3	622	0,074
262,5	4000	5	911	0,107
255	40000	3	6216	0,711
253,5	400000	2,5	51840	5,89
252	400000	4	78440	8,86
248	400000	4	78440	8,72
243	400000	4	78440	8,54
238	40000	8	11768	1,26

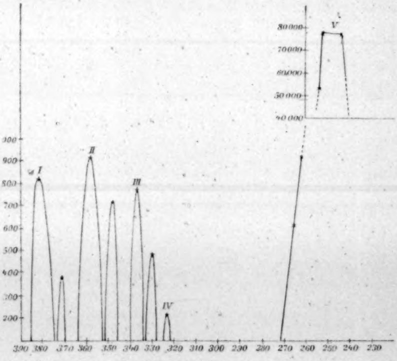


Fig. 2.

Reten ($C_{18}H_{18}$, $M = 234$, $s = 1,11$)

Es wurden 0,0585 gr Reten in 100 ccm absolutem Alkohol gelöst, d. h. es war in 400 l Alkohol ein Molekül Reten enthalten. Aus dieser Lösung wurden wiederum die übrigen Verdünnungen hergestellt. Das ultraviolette Absorptionsspektrum der alkoholischen Retenlösung zeigt zwei Absorptionsbanden. Die erste beginnt bei $\lambda = 307$ $\mu\mu$, erreicht ihr Maximum bei 302 $\mu\mu$ und endet bei 294 $\mu\mu$, wo dann die zweite Bande einsetzt. Bei der Wellenlänge 258 $\mu\mu$ etwa liegt das zweite Absorptionsmaximum, von wo aus die Absorption wieder abnimmt. Auch bei der alkoholischen Retenlösung konnte ich eine Änderung der Absorp-

tion mit der Zeit beobachten und ebenso einen Einfluss des Lichtes, wenngleich letzterer bei weitem nicht so gross war als bei dem Anthracen. Daher gilt auch von der folgenden Tabelle der Absorptionskoeffizienten und der Absorptionskurve dasselbe wie bei dem Anthracen.

Reten.

λ	v	$\frac{s}{s_1}$	α	$\varkappa$
315	400	3	62,16	0,0074
307	steiler Anstieg der Absorption			
302	20000	3,5	3544	0,404
294	20000	2,2	2231	0,248
287	20000	3	3108	0,337
278	20000	3,5	3544	0,372
275	20000	3,7	3702	0,384
271,5	20000	5,8	4974	0,509
263	200000	2,5	25920	2,57
260	200000	3	31080	3,05
258	200000	4	39220	3,82
253,8	200000	4	39220	3,76
251	200000	4	39220	3,72

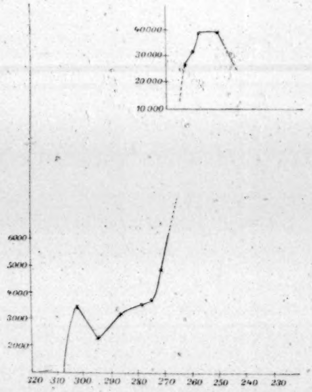


Fig. 3.

Vergleich der Absorption von Benzol, Anthracen und Reten mit der der Metalle.

Wie sich aus den vorstehenden Tabellen ergiebt, zeigen Anthracen und Reten in den Absorptionsmaximis sehr grosse Extinktionskoeffizienten $\varkappa$. Um einen Vergleich mit dem Absorptionsvermögen der Metalle zu ermöglichen, habe ich die Extinktionskoeffizienten $\varkappa$ einzelner Metalle[1]) für gelbes Licht mit denen von Benzol, Anthracen und Reten im Ultraviolett zusammengestellt.

	λ	$\varkappa$		$\varkappa$
Benzol	262	0,0059	Stahl	1,38
	255	0,0091		
	243,5	0,0051		
Anthracen	359	0,147	Kupfer	4,08
	255	0,711		
	252	**8,86**		
Reten	271,5	0,51	Silber	20,4
	263	2,57		
	258	**3,82**		

Aus dieser Tabelle folgt, wie bereits erwähnt, dass die Absorption des Benzols weit unter der Grössenordnung der Metallabsorption liegt, während die Absorption von Anthracen und Reten die aller Metalle mit Ausnahme des Silbers erreicht, ja z. T. auch übertrifft.

Das Reflexionsvermögen einiger Metalle, des Anthracens und Retens im Ultraviolett.

Mit Rücksicht auf das obige Ergebnis lag es nahe, auch das Reflexionsvermögen des Anthracens und Retens mit dem der Metalle zu vergleichen. Da über das Reflexionsvermögen der Metalle im Ultraviolett meines Wissens noch keine Messungen vorliegen, so untersuchte ich zunächst das Verhalten einiger Metalle, Silber, Stahl, Nickel, Kupfer und der Brandes-Schünemannschen Legierung[2]) im reflektierten ultravioletten Lichte. Sehr schöne Planspiegel der Metalle waren mir zu diesem Zwecke in liebenswürdigster Weise von der Firma C. A. F. Kahlbaum, Berlin, angefertigt worden. Da es mir lediglich auf relative Messungen ankam, so verglich ich das Reflexionsvermögen aller Metalle mit dem der Brandes-Schünemannschen Legierung, welche gegen äussere Einflüsse sehr beständig und daher auch am meisten frei von der Bildung von Oberflächenschichten ist. Von den beiden miteinander zu vergleichenden Spiegeln wurde je einer vor eine Hälfte des Doppelspaltes gebracht, so dass sie sich in einer Geraden, welche mit der Trennungslinie des Doppelspaltes im Spektrum zusammenfiel, berührten. Ihre Ebene war gegen die Ebene des Spaltes unter einem Winkel von 45° geneigt. Das parallele Strahlenbündel der Bogenlampe, welches senkrecht zur Kollimatorachse verlief, wurde daher von den Spiegeln in das Kollimatorfernrohr parallel der Achse reflektiert.

1) Drude, Wied. Ann. **36**, 885.

2) Legierung von Brandes-Schünemann: 41% *Cu* + 26% *Ni* + 24% *Sn* + 8% *Fe* + 1% *Sb*.

Zunächst konnte ich wiederum feststellen, wie bedeutend der Einfluss von Oberflächenschichten[1]) auf das Reflexionsvermögen ist, indem sich z. B. bei dem Silber dasselbe fast um das Doppelte änderte. Die zu untersuchenden Spiegel wurden vor jedem Versuch mit reinem, weissen Handschuhleder sauber gereinigt und hierauf schnell die Bestimmung ausgeführt. Nach Verlauf von etwa einer Stunde wiederholte ich den Versuch, dabei zeigte sich, dass das Reflexionsvermögen gewachsen war. Für Silber z. B. nahm es in dem unten erwähnten Reflexionsminimum bei $\lambda = 322\ \mu\mu$ etwa um das doppelte zu $\left(\frac{1}{55} : \frac{1}{25}\right)$. Das Minimum, welches anfangs scharf ausgeprägt war, verschwand mehr und mehr. Nun hat Drude, im Gegensatz zu diesen Beobachtungen, sowohl theoretisch wie auch experimentell für das sichtbare Spektralgebiet festgestellt, dass Oberflächenschichten das Reflexionsvermögen verkleinern. Es müssen sich also bei meinen Beobachtungen noch andere Einflüsse geltend gemacht haben, welche das Reflexionsvermögen der untersuchten Metalle im entgegengesetzten Sinne änderten. Welcher Art diese Einflüsse waren, das zu untersuchen behalte ich mir für später vor. Im einzelnen waren die Resultate folgende:

Silber: Silber besitzt ein ausgeprägtes Minimum des Reflexionsvermögens für die Wellenlänge $\lambda = 322\ \mu\mu$. Am Beginn des Ultravioletts ist das Reflexionsvermögen des Silbers etwas stärker als das der Brandes-Schünemannschen Metalllegierung, während es bei $\lambda = 322\ \mu\mu$ $\frac{1}{25}$ und im übrigen Ultraviolett nur $\frac{1}{16}$ desselben beträgt.

Stahl: Von Beginn des Ultraviolett bis etwa zur Wellenlänge $\lambda = 320\ \mu\mu$ reflektiert Stahl stärker als die Brandes-Schünemannsche Legierung, bis $\lambda = 255\ \mu\mu$ etwa ebenso stark und von dort an etwas schwächer. Für photographische Zwecke, z. B. bei Spiegelteleskopen, dürften sich daher theoretisch Stahlspiegel ebenso gut eignen wie solche aus Brandes-Schünemannscher Legierung. Letztere besitzt dagegen den Vorzug grösserer Politurfähigkeit und Beständigkeit gegen äussere, insbesondere Witterungs-Einflüsse, und ist daher wohl für die praktische Verwendung geeigneter.

Nickel: Für Nickel gilt etwa dasselbe wie für Stahl, nur ist bei diesem Metall das Reflexionsvermögen an keiner Stelle grösser als das der Brandes-Schünemannschen Legierung, die ja auch zu 26 Prozent aus Nickel besteht.

Kupfer: Das Reflexionsvermögen des Kupfers ist im gesamten Ultraviolett kleiner als das der Brandes-Schünemannschen Legierung und beträgt etwa $\frac{1}{16}$ desselben.

Für die Brandes-Schünemannsche Legierung haben Hagen und Rubens[1]) gefunden, dass ihr Reflexionsvermögen für die sichtbaren Strahlen im Verhältnis zu dem anderer Metalle, z. B. des *Ag*, recht klein ist (50% : 92% *Ag*). Dieses Verhältnis ändert sich aber, wie aus den obigen Angaben und auch schon aus Messungen von Rubens folgt, mit abnehmender Wellenlänge beträchtlich zu Gunsten der Brandes-Schünemannschen Legierung, so dass diese im Ultraviolett weit stärker reflektiert als andere Metalle.

Um mir ein Bild von der Grössenordnung des Reflexionsvermögens der Metalle im Ultraviolett zu verschaffen, habe ich dasjenige der Brandes-Schünemannschen Legierung in ganz angenäherter Weise absolut bestimmt. Die Versuchsanordnung dazu war folgende: Die Bogenlampe wurde wiederum so aufgestellt, dass das von ihr ausgehende Strahlenbündel parallel der Achse des Kollimatorfernrohres den Spalt durchsetzte. Die obere Spalthälfte wurde von dem direkt auffallenden Licht beleuchtet; die untere von Licht, welches zweimal an Spiegeln von der Brandes-Schünemannschen Legierung reflektiert war. Der eine Spiegel (*A*) war, wie nachstehende Figur im Durchschnitt zeigt, unter 45°

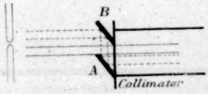


Fig. 4.

gegen die Spaltebene geneigt und zwar so, dass der Spalt in der Einfallsebene des Spiegels lag und die Trennungslinie des Doppelspaltes mit der oberen Kante des Spiegels zusammenfiel. Der zweite Spiegel (*B*) war oberhalb der oberen Spalthälfte ebenfalls unter 45° angebracht. Die Messungen ergaben, dass in dem Bereich von $390\ \mu\mu$—$350\ \mu\mu$ das Reflexionsvermögen etwa $\frac{1}{17}$ (5,9 Prozent), von $290\ \mu\mu$—$270\ \mu\mu$ etwa $\frac{1}{25}$ (4 Prozent) beträgt, von $350\ \mu\mu$—$290\ \mu\mu$ nimmt es linear ab. Genaue Bestimmungen sind jedoch nach dieser Methode der zweimaligen Reflexion nicht auszuführen, da die reflektierten Lichtmengen zu klein sind und man daher zu grosse Spaltbreiten (0,02 mm : 1,4 cm) benutzen muss. Für diese gilt das Gesetz der direkten Proportionalität zwischen Spaltbreite und durchgelassener Lichtstärke nicht mehr, wie E. V. Capps[2])

1) Drude, Wied. Ann. **36**, 885.

1) E. Hagen und H. Rubens, Ann. d. Phys. **1**, 373–374, 1900.

2) E. V. Capps, Phys. Ztschrft. **1**, 558.

nachgewiesen hat. Die für das Reflexionsvermögen gefundenen Werte dürften daher auch zu klein sein. Aus den Messungen folgt aber gleichwohl, dass das Reflexionsvermögen der Metalle nach den kurzen Wellenlängen zu bedeutend abnimmt, wie dies Hagen und Rubens[1]) schon für den Bereich des sichtbaren Spektrums gefunden haben. Eine Ausnahme bildet das Silber, welches für $\lambda = 322\ \mu\mu$ ein Minimum des Reflexionsvermögens besitzt.

Des weiteren verglich ich auch das Reflexionsvermögen von Anthracen- und Retenspiegeln, die ich mir aus geschmolzenem Anthracen und Reten herstellte, mit dem der Brandes-Schünemannschen Legierung und fand dabei, dass das Reflexionsvermögen von Anthracen und Reten bei weitem nicht das der Metalle erreicht, ja sogar so klein ist, dass ich keine Messungen ausführen konnte. Diesen Widerspruch mit den Resultaten der Absorptionsmessungen kann ich mir nur so erklären, dass Anthracen und Reten im festen Zustande ein kleineres Absorptionsvermögen besitzen, als im gelösten. Nach den mechanischen Theorien der Absorption würde diese Verschiedenheit auch zu erwarten sein, da die Moleküle im gelösten Zustande beweglicher, schwingungsfähiger sind und daher auch mehr Schwingungsenergie des Lichtes verbrauchen, d. h. mehr Licht absorbieren. Auf Grund dieser Anschauung von dem Wesen der Absorption hat ja schon früher E. Wiedemann[2]) die interessante Thatsache festgestellt, dass sich Fluorescenz in Phosphorescenz verwandeln lässt, wenn die Schwingungsfähigkeit der Moleküle beschränkt, ihre Dämpfung vergrössert wird.

Resultate.

1. Die Absorption des ultravioletten Lichtes in einer alkoholischen Benzollösung ist weit kleiner als die Absorption in den Metallen.

2. Die alkoholischen Lösungen von Anthracen und Reten besitzen ein sehr starkes Absorptionsvermögen, welches das aller Metalle mit Ausnahme desjenigen des Silbers erreicht, ja z. T. noch übertrifft.

3. Das Reflexionsvermögen der Metalle nimmt wie im sichtbaren Spektrum, so auch im Ultraviolett mit abnehmender Wellenlänge ab; eine Ausnahme macht das Silber, welches für $\lambda = 322\ \mu\mu$ ein Minimum des Reflexionsvermögens besitzt.

4. Das Reflexionsvermögen von Anthracen und Reten erreicht nicht annähernd dasjenige der Metalle im Ultraviolett, eine Thatsache, die vermuten lässt, dass das Absorptionsvermögen dieser beiden Kohlenwasserstoffe im festen Zustande viel kleiner ist als im gelösten. Dieser Unterschied steht mit den mechanischen Theorien der Absorption im Einklang.

Erlangen, Physikalisches Institut.

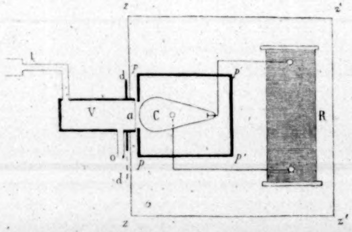
(Eingegangen 27. November 1900.)

1) E. Hagen und H. Rubens, l. c.
2) E. Wiedemann, Wied. Ann. **34**, 446.

Wie die mit X-Strahlen durchsetzte Luft ihre entladende Kraft verliert und wie sie Ladungen mit hohen Potentialen entwickelt.

Von Emilio Villari.[1])

1. Der Apparat, welchen ich im Verlaufe meiner Versuche benutzte, ist auf beigefügter Figur schematisch dargestellt. Eine Crookessche Röhre G ist in einem Bleikästchen mit dicken Wänden $pp'p'p$ eingeschlossen; in der der Antikathode gegenüberliegenden Wand befindet sich ein Loch von 8 cm, durch welches die Röhre nach aussen strahlt. Das Kästchen und der Induktor R, der 35 cm Funkenlänge



hat, sind von einem grossen Zinkkasten $zzz'z'$ umschlossen, welcher mittels angelöteter Kupferdrähte mit der Gasleitung in Verbindung steht.

Ein cylindrisches Gefäss V (30×11 cm) aus einer dicken Bleiplatte, steckt mit seinem Boden, der aus einem dünnen Aluminiumplättchen besteht, in einem Loch des Kastens zz' und kommt dadurch in die Nähe von C. An dieses Gefäss ist eine dicke, ausgedehnte Bleiplatte dd angelötet, welche durch ihre Verbindung mit zz die störenden Strahlungen hindert, aus dem Kasten heraus zu kommen. Ferner sind an das Gefäss zwei Messingröhren von 1,5 cm Durchmesser angelötet, eine gerade gestreckte o und eine knieförmige t[2]). An den Erdboden ist das Gefäss durch angelötete Kupferdrähte angeschlossen.

Bei den Versuchen wird die Luft mittels

1) Rendiconti Lincei fasc. IX, 1. u. 2. semestre. Roma 1900.
2) Die Röhre t war knieförmig, um die aus C kommenden Strahlen nicht nach aussen kommen zu lassen.

eines grossen Blasebalges mit einem konstanten Druck von 10 bis 20 cm Wasser durch die Röhre *o* getrieben; von *C* aus wird sie im Gefässe *V* mit X-Strahlen durchsetzt, entweicht dann durch die Röhre *t* und durch andere mit dieser verbundene Röhren, trifft schliesslich auf die kleine Kugel eines meiner Elektroskope, das vollständig vor störenden Einflüssen gesichert ist, und bewirkt seine Entladung. Das betreffende Elektroskop war auf Paraffin sorgfältig isoliert und hatte nur ein Goldblättchen, dessen Ablenkungen durch ein Fernrohr mit starker Vergrösserung an einer auf dem Glas eingeteilten Skala beobachtet werden konnten. Die Resultate der verschiedenen Versuche sind folgende:

2. Wird die von X-Strahlen durchsetzte Luft durch eine knäuelförmig aufgewickelte Röhre getrieben, so verliert sie viel mehr von ihrer entladenden Kraft, als wenn sie durch eine gleichlange, aber gerade gestreckte Röhre geht. Z. B. treibt man die von X-Strahlen durchsetzte Luft durch eine biegsame Kupferröhre (320×1 cm) gegen ein geladenes Elektroskop (*E*), so verliert die

	Gerade gestreckte Röhre.	In 12 Windungen aufgewickelte Röhre.
+ *E*:	2^0 in $105''$	$300''$
— *E*:	„ „ $69''$	$347''$

Versuche mit Gummi-, Glas- und Bleiröhren ergeben ähnliche Erfolge; die Natur der Röhren hat augenscheinlich keinen Einfluss auf das Wesen des Phänomens.

3. Die von X-Strahlen durchsetzte Luft verliert einen grossen Teil ihrer entladenden Kraft, wenn sie über Pinsel oder besser über Bündel von zahlreichen, langen und feinen Metallfäden streicht. So entladet die von X-Strahlen durchsetzte Luft, nachdem sie durch eine ein Bündel Messingfäden enthaltende Röhre gegangen ist das Elektroskop (+) oder (—) um 10^0 in $58''$; nachdem sie die Röhre ohne Bündel passiert hat, um 10^0 in etwa $24''$.

4. Eine biegsame Kupferröhre (von über 300×1 cm), die in 10 oder mehr Windungen aufgewickelt und mit Hilfe von Paraffinstopfen und einer Glasröhre von 20 oder 30 cm gut isoliert ist, ladet sich bis zu einem Potential (+) von ungefähr 20 V., wenn sie von einem Strome durch X-Strahlen aktiv gemachter Luft passiert wird. Die Ladungen entwickeln sich regelmässig und langsam und erreichen hohe Beträge, wenn die Isolierung der Röhre eine vollständige ist. Man muss dabei die Kupferröhre noch durch eine lange Glasröhre isolieren, sonst entladet sie sich zum Teil durch Konvektion der mit X-Strahlen durchsetzten Luft nach den übrigen Teilen des Apparates.

5. Werden Filter benutzt, die aus einer Messingröhre (10×2,5 cm) hergestellt sind, welche mit 30 bis 60 äusserst feinen Siebplatten aus Messing, Kupfer oder Aluminium geschlossen und mit Paraffin auf Glasröhren isoliert sind, so nehmen diese Filter positive Ladungen auf, wenn sie ein Strom von aktiv gemachter Luft passiert. Folgendes diene hierfür als Beispiel:

Ein Filter mit

60	Siebplatt. a.	Alumin.	ladet sich + mit etwa 20 V.
34	„	„ Messing	„ „ „ „ „ 18 „
24	„	„ Kupfer	„ „ „ „ „ 17 „

Es scheint, dass die Ladungen mit der Zahl der Siebscheiben und der Kleinheit der Siebnetzmaschen stärker werden[1]).

6. Quadrate aus nicht sehr dichtem Messingnetzwerk von 20 cm und mehr Seitenlänge, die cylinderförmig zusammengerollt und in geeignete Glas- oder Metallröhren eingeführt werden, nehmen positive Ladungen von 15 bis 20 V. beim Passieren eines Stromes von Luft an, welche von X-Strahlen durchsetzt war.

7. Nimmt man Metallblättchen von gleicher Form, wie die Netzplatten, rollt dieselben in gleicher Weise cylindrisch zusammen und führt sie in Glas- oder Metallröhren ein, so laden sie sich immer negativ mit Potentialen von etwa 10 V., wenn sie von der von X-Strahlen durchsetzten Luft bestrichen werden. Ich benutzte bei meinen Versuchen Blättchen aus Kupfer, Eisen, Zink, Messing, Blech, Platin, Aluminium und Stanniol. Auf die Art und die Grösse der Ladungen scheint die Art der Blätter keinen Einfluss zu haben; auch der Einfluss, den der Zustand ihrer — rauhen oder geglätteten — Oberflächen hat, ist nicht sicher zu beobachten. Die Höhe der Ladung wechselt merklich, je nach der Ausdehnung der Blättchen und der Art ihrer Zusammenrollung in mehr oder weniger enge Windungen.

8. Werden Streifen der oben beschriebenen Blättchen (51×2,7 cm) in Glas- oder Metallröhren eingeführt und von durchstrahlter Luft passiert, so nehmen sie negative Ladungen von 3 bis 5 V. an.

9. Ebenso behandelte Streifen aus metallischem Netzwerk nehmen gleichfalls negative, aber merklich höhere Ladungen als die vorhergehenden auf. Hier muss man beachten, dass während die Netzwerkstreifen negative Ladungen annehmen, sich die Rollen aus demselben Stoff, wie schon erwähnt, zu ansehnlichen positiven Potentialen laden. Den Grund dieser Erscheinung werden wir baldigst erklären.

10. Geschlossene Messingröhren und Metallfäden in Glas- oder Metallröhren laden sich beim Durchstreichen der von X-Strahlen durchsetzten Luft negativ.

1) Man muss hierzu bemerken, dass die Ladungen bei diesen und analogen Versuchen nicht immer dieselben sind. Um hohe Ladungen zu erhalten, ist vor allem eine vollkommene Isolierung der Versuchsröhren mit Paraffin und mit Glasröhren erforderlich.

Aus Vorstehendem ergiebt sich, dass die Metalle, unabhängig davon, welcher Art sie sind, positive Ladungen aufnehmen, wenn die durchstrahlte Luft mit einer gewissen Energie sich daran reibt oder darüber streift (wie über die Rollen und Netzfilter); dass sie hingegen negativ geladen werden durch ein leichtes Darüberhinstreichen der durchstrahlten Luft (wie dies bei den zusammengerollten Blättchen oder den Blättchen oder Netzstreifen geschieht). Folgende Thatsachen bestätigen diese Schlussfolgerung:

11. Nimmt man zwei oder mehr Meter lange Kupfer- oder Bleiröhren und wickelt dieselben noch in mehreren Windungen auf, so laden sie sich bei Durchströmung mit X-Luft positiv und können hohe Potentiale (etwa 300 und mehr) erreichen; kurze und gerade Röhren werden durch X-Luft negativ geladen.

12. Presst man grobe Kupferspäne in eine Glas- oder Metallröhre, durch welche bestrahlte Luft hindurchstreicht, so werden sie positiv bis zu 10 oder 12 V. geladen; bringt man sie jedoch in kleiner Menge lose in die Röhre, so werden sie von der durchstreifenden durchstrahlten Luft negativ geladen.

13. Rollen oder Cylinder von verschiedener Länge aus rechteckigem Netzwerk von etwa 30 cm Breite in Glas- oder Metallröhren laden sich bei Berührung mit durchstrahlter Luft positiv, wenn sie lang, negativ, wenn sie kurz sind. Bei meinen Versuchen stiegen die positiven Ladungen von einer Rollenlänge von 15 cm an, die negativen nahmen zu, wenn die Länge der Rollen von 12 bis auf 2 cm abnahm.

14. Ein Netzstreifen von 2 cm Breite und 20 bis 60 cm Länge wird zu einem 2 cm hohen Cylinder zusammengerollt und in eine Glas- oder Metallröhre gesteckt. Bläst man die X-Luft durch, so ladet sich der Cylinder positiv, wenn er aus einem langen Streifen gemacht ist, so dass er dicht und gepresst in der Röhre steckt, und negativ, wenn er aus einem kurzen Streifen zusammengerollt ist.

15. Vorstehend beschriebene Erscheinungen können nicht auf eine chemische Wirkung der X-Luft auf die Metalle zurückgeführt werden, sondern scheinen auf einer besonderen Art von Reibung zwischen den Metallen oder der Luft zu beruhen, durch welche sich die Metalle mit einer der beiden Elektrizitäten laden; die andere Ladung müsste man dann in der Luft antreffen. Ich habe die X-durchsetzte Luft mit einem Quadrantenelektrometer wieder und immer wieder untersucht, nachdem sie über metallische Rollen aus Netzwerk oder Plättchen, die mit dem Boden verbunden sind, gestrichen war: die Entladung des Elektrometers durch die durchstrahlte Luft geht so schnell vor sich, dass man aus dieser Schnelligkeit den Schluss ziehen muss, die von X-Strahlen durchsetzte Luft habe noch nicht ihre ganze entladende Kraft verloren; und statt einer der durchstrichenen Metallrollen entgegengesetzten Ladung besitze sie oder führe sie von den Rollen zum Elektrometer eine leichte Ladung mit sich, eben weil sie nicht völlig zu gewöhnlicher Luft geworden war und folglich immer ein wenig Leiter geblieben ist.

16. Um eine annehmbare Erklärung dieser Thatsache zu geben, möchte ich daran erinnern, dass ich gezeigt habe[1]), wie die von X-Strahlen durchsetzte Luft, wenn sie über einen elektrisierten Körper streicht, zu gewöhnlicher Luft wird auf Kosten der Elektrizität, welche verschwindet. Man könnte daher (mit gebührendem Vorbehalt) vermuten, dass die X-durchstrahlte Luft, indem sie über metallische Oberflächen streicht, beide Elektrizitätsarten entwickelt, deren eine an den Oberflächen selbst zu Tage tritt, während die andere verschwindet, weil sie bei Verwandlung der X-Luft in gewöhnliche Luft verbraucht wird; deshalb befindet sich diese in nahezu neutralem Zustande. In dieser Weise könnte man sich auch die Thatsache erklären, dass die X-Luft beim Reiben über mehr oder weniger ausgedehnte Flächen sich völlig oder teilweise in gewöhnliche Luft verwandelt. Ich wiederhole aber, dass diese Erklärung vorläufig eine reine Hypothese ist; die oben angedeuteten Erscheinungen verdienen noch genau untersucht zu werden, und ich hoffe, bald fernere Erklärungen geben zu können.

1) Diese Zeitschrift **I**, 450, 1900.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 17. November 1900.)

Über die Spektra von Radium und Polonium.

Von G. Berndt.

(Mitteilung aus dem Physikalischen Institute der Universität Halle.)

Untersuchungen über das Radiumspektrum liegen bis jetzt vor von den Herren Demarçay[1]) und Runge[2]). Herr Demarçay hat bei Verwendung von radioaktivem Chlorbaryum von der Aktivität 70000 in dem Gebiet bis $\lambda = 3500$ (Ångstroem'sche Einheiten) 16 neue Linien gefunden, von denen er jedoch drei nicht mit Sicherheit dem Radium zuschreiben will. Herr Runge hat durch seine Messungen,

1) Comptes Rendus, 1898, **127**, 1218; 1899, **129**, 716; August 1900.

2) Ann. d. Phys. **2**, 742, 1900.

welche sich bis $\lambda = 2400$ erstrecken, nur drei der stärksten Linien bestätigt, $\lambda = 4826,14$, $\lambda = 4682,346$ und $\lambda = 3814,591$. Es war wahrscheinlich, dass dieses negative Resultat von der Verwendung eines Salzes von zu geringer Aktivität herrührte. Auf Anraten von Herrn Professor Dr. Dorn nahm ich deshalb eine neue Untersuchung des Radiumspektrums im Ultraviolett vor, wozu der grosse Quarzspektrograph des Instituts (nach Dr. Schumann) ein vorzügliches Hilfsmittel bot.

Ich verwendete zunächst aktives Chlorbaryum von der Aktivität 240 von der Société centrale des produits chimiques, Paris, und aktives Brombaryum von De Haën, Hannover. Nach der Angabe von Herrn Runge wurde das Salz in eine galvanisch zum Glühen gebrachte Platinspirale eingeschmolzen, wobei man mit ausserordentlich geringen Mengen auskommt. Zur Herstellung einer Spirale habe ich durchschnittlich etwa 0.03 g gebraucht. Als Kathode diente ein Platindraht. Der Funken wurde durch zwei Leydener Flaschen erzeugt, die durch einen grossen Induktionsapparat geladen wurden. Auch während der Aufnahme wurde die Spirale durch einen Strom von vier isoliert aufgestellten Akkumulatoren geglüht. Sowie dann der Funken überspringt, füllt sich der Raum zwischen den Elektroden mit den Salzdämpfen, und durch Regulieren des Akkumulatorenstroms hat man es stets in der Gewalt, die gewünschte Dampfmenge zu erhalten. Wenn man die Expositionsdauer nicht übertreibt, erhält man so im Spektrum ausser den Linien des betreffenden Salzes die stärksten Platinlinien nur angedeutet und nur äusserst wenige Luftlinien.

In den Spektren des aktiven Chlor- und Brombaryums erhielt ich von Radiumlinien nur $\lambda = 3814,591$ mit der Intensität 2, wobei die Intensitäten von 6 bis 1 gerechnet sind, derart, dass 6 die stärkste Intensität bezeichnet. Als ich jedoch aktives Chlorbaryum von der Aktivität 1000 von der Société centrale des produits chimiques verwendete, erhielt ich $\lambda = 4682,346$, Int. 1; $\lambda = 3814,591$, Int. 4, und eine neue Linie $\lambda = 2708,6$, Int. 1. Bis $\lambda = 2100$ hin habe ich keine weiteren Radiumlinien gefunden.

Über das Poloniumspektrum liegen Messungen bis jetzt nicht vor. Herr Demarçay[1]) hat bei seinen Untersuchungen keine neuen Linien gefunden, Herr Crookes[2]) giebt nur an, dass Polonium starke Linien im Ultraviolett zeige.

Zu den photographischen Aufnahmen verwendete ich aktives Wismutsubnitrat von der Aktivität 300. Das erhaltene Spektrum wurde direkt mit dem Spektrum von gewöhnlichem Wismutsubnitrat, Wismut, Antimon, Blei, Kupfer, Platin, Eisen, Kadmium und Kalciumchlorid, die Messungen auch noch mit denen der meisten bekannten Spektra verglichen, und ich glaube, die folgenden 15 Linien als dem Polonium angehörig bezeichnen zu dürfen:

Int.	λ	Int.	λ	Int.	λ
1	4596,3	4	3342,0	3	3162,9
2	4007,7	6	3361,5	1	3152,2
4	3821,9	6	3349,2	1	2977,0
3	3467,1	4	3191,2	3	2661,9
2	3462,0	4	3168,2	4	2327,3

Der Maximalfehler der Wellenlänge dürfte im sichtbaren Teile des Spektrums etwa 1,5, im Ultraviolett etwa 0.4 Ångström'sche Einheiten betragen.

Bis $\lambda = 2100$ hin habe ich keine weiteren Linien gefunden.

Bei den photographischen Aufnahmen wurde ich von meinem Freunde, Herrn cand. math. Henning unterstützt; ich möchte ihm, sowie vor allem Herrn Professor Dr. Dorn für seine freundliche Unterstützung auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.

(Eingegangen 7. Dezember 1900.)

1) Curie, Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la Pechblende. Comptes Rendus, 1898, **27**, 175.

2) Proceedings of the Royal Society of London, 1900, 409.

Über mögliche Ätherbewegungen.

(Erwiderung an Herrn W. Wien.)

Von G. Mie.

Im vorletzten Hefte dieser Zeitschrift (siehe II, S. 148) bespricht Herr Wien meine Arbeit über mögliche Ätherbewegungen vom Jahre 1899. So sehr ich mich freue, dass damit eine Diskussion über diesen nicht unwichtigen Gegenstand eingeleitet ist, so sehr bedaure ich, dass Herrn Wiens Aufsatz geeignet ist, irrige Vorstellungen hervorzurufen, die ich hier zurückweisen möchte.

Zunächst muss ich gestehen, dass mir Herrn Wiens Meinung aus seinen Ausführungen nicht immer klar geworden ist. Beispielsweise heisst es im Anfang seines Aufsatzes, dass sich meine Behauptung, die Helmholtzsche Annahme eines trägheitslosen Äthers sei unmöglich, „nicht daraus beweisen lässt, dass der Poyntingsche Vektor Wirbelstellen besitzt“. An einer späteren Stelle dagegen, nachdem zu meiner Schlussweise nichts Wesentliches hinzugefügt ist, ausser etwa einem Beispiel dafür, dass Wirbel des Poyntingschen Vektors vorhanden sein können, die zeitweise verschwinden und zeitweise wieder von Null verschieden sind, wird gesagt, dass „die Schlussweise des Herrn Mie zwar nicht als genau anerkannt, aber doch in ihrem Ergebnis bestätigt werden könne“.

Ich weiss danach nicht recht, ob mein Beweis falsch sein soll, oder ob Herr Wien nur sagen will, ich hätte in meiner Abhandlung an Beispielen zeigen müssen, dass der Poyntingsche Vektor Wirbel besitzen kann, und zwar natürlich auch mit der Zeit veränderliche Wirbel. Falls das zweite gemeint ist, so kann ich erwidern, dass ich es nur der Kürze wegen unterlassen habe, Beispiele zu bringen, die mir auf der Hand zu liegen schienen. Man braucht sich ja beispielsweise nur eine Lichtstrahlung zu denken, welche an einem schattenwerfenden Körper vorbeigeht. Im Schatten ist der Energiestrom Null, im Lichte dagegen nicht, also muss die Schattengrenze aus Wirbelstellen des Poyntingschen Vektors bestehen. Will man, wie Herr Wien es zu wünschen scheint, das Beispiel noch etwas genauer ausführen, so stelle man sich zunächst den Zeitraum vor, der von der Entzündung des Lichtes bis zu dem Augenblick verstreicht, wo der schattenwerfende Körper erreicht ist. In diesem ganzen Zeitraum hat der Energiestrom keine Wirbel. Erst in dem Augenblick, wo das Licht am Körper ankommt, bildet sich die Schattengrenze, d. h. die Wirbelschicht. Damit ist die Existenz zeitlich veränderlicher Wirbel gezeigt. Dergleichen triviale Beispiele liessen sich noch in Menge bilden, fast jedes Beispiel der Elektrodynamik überhaupt liesse sich benutzen.

Allerdings darf ich nicht verschweigen, dass schon hier ein wesentlicher Unterschied zwischen Herrn Wiens Ansicht und der meinigen hineinspielt über die Bedeutung meiner Integrale der Bewegungsgleichungen des Äthers. Herr Wien meint: es sind nur mögliche Integrale; ich behaupte: es sind die einzig möglichen, wenn man die übrigen Helmholtzschen Annahmen beibehält. Ich gestehe gerne, dass diese Meinungsdifferenz wesentlich dadurch verursacht ist, dass ich in meiner ersten Darstellung reichlich knapp gewesen bin. Da ich jedoch in kurzer Zeit eine neue Publikation über denselben Gegenstand beabsichtige, will ich jetzt noch nichts Genaueres bringen, um erst bei dieser Gelegenheit die Annahmen, auf denen meine Theorie beruht, noch einmal ganz ausführlich klarzulegen.

Völlig unverständlich ist mir aber der letzte Abschnitt der Wienschen Bemerkungen geblieben. Ich habe es bisher für einen allgemein anerkannten Satz gehalten, dass der Poyntingsche Vektor in einem statischen Felde nur auf geschlossenen Kurven verlaufen kann und demnach Wirbelstellen haben muss. Ich kann mir nicht recht denken, dass Herr Wien dies anzweifeln will. Er scheint es aber zu thun, indem er darauf hinweist, dass im Innern eines homogenen elektrischen und magnetischen Feldes keine Wirbelstellen vorhanden sind. Ich weiss nun nicht, ob Herr Wien übersieht, dass in diesem Falle der Rand des Feldes die Wirbelstellen enthält, oder ob sein Feld überhaupt keine Grenzen haben soll. Wie man ein unbegrenztes Feld herstellen kann, ist mir unbekannt. Herrn Wiens absprechendes Urteil über meine Versuche scheint mir also jeder positiven Grundlage zu entbehren.

(Eingegangen am 11. Dezember 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Beziehungen zwischen der experimentellen und der mathematischen Physik.

Von H. Poincaré.

(Fortsetzung.)

Ursprung der mathematischen Physik.

Gehen wir weiter und studieren zunächst die Bedingungen, unter denen sich eine mathematische Physik entwickeln kann. Wir machen uns zunächst klar, dass die Bemühungen der Forscher von jeher dahin gegangen sind, die verwickelte, direkt gegebene Erscheinung durch das Experiment in eine sehr grosse Zahl elementarer Erscheinungen aufzulösen.

Und zwar auf drei verschiedene Arten: zuerst nach der Zeit. Statt die allmähliche Entwicklung einer Erscheinung in ihrer Gesamtheit ins Auge zu fassen, sucht man einfach jeden Augenblick dem unmittelbar vorhergehenden anzureihen; man setzt voraus, dass der gegenwärtige Zustand der Welt nur von dem unmittelbar vorhergehenden abhängt, ohne sozusagen von der Erinnerung an eine fernere Vergangenheit direkt beeinflusst zu sein. Dank diesem Satze kann man sich, statt direkt die gesamte Folge der Erscheinungen zu untersuchen, darauf beschränken, ihre „Differentialgleichung" hinzuschreiben; an Stelle der Keplerschen Gesetze setzt man dasjenige Newtons.

Des weiteren sucht man die Erscheinung im Raume auseinander zu legen. Was das Experiment uns giebt, ist ein wirrer Haufen von Thatsachen, die sich auf einem Schauplatze von

einer gewissen Ausdehnung abspielen; man muss demgegenüber versuchen, die elementare Erscheinung herauszufinden, die auf einer sehr kleinen Stelle des Raumes ihren Sitz hat.

Einige Beispiele werden vielleicht diese Gedanken besser begreiflich machen. Wenn man die Verteilung der Temperatur in einer sich abkühlenden Flüssigkeit ihrer ganzen Kompliziertheit nach untersuchen wollte, so würde man niemals zu einem Ziele gelangen. Alles wird einfach, wenn man bedenkt, dass ein Punkt der Flüssigkeit an einen entfernten direkt keine Wärme abgeben kann; er wird Wärme unmittelbar nur den benachbartesten Punkten abgeben können und darum kann der Wärmefluss andere Teile der Flüssigkeit nur nach und nach erreichen. Die elementare Erscheinung ist der Wärmeaustausch zwischen zwei benachbarten Punkten; sie ist streng an den Ort gebunden und relativ einfach, wenn man bedenkt, dass sie natürlicherweise nicht durch die Temperatur von Molekülen beeinflusst wird, deren Entfernung einen endlichen Wert hat.

Ich biege einen Stab; er wird eine sehr komplizierte Form annehmen, deren direkte Untersuchung unmöglich wäre. Ich kann sie indessen finden, wenn ich beachte, dass seine Biegung nur die Resultante der Deformationen der Elemente des Stabes ist, und dass die Deformation jedes Elementes nur von Kräften abhängt, die direkt an demselben angreifen, keineswegs aber von solchen, die auf die andern Elemente wirken.

In allen diesen Beispielen, die ich mit Leichtigkeit vervielfachen könnte, setzt man voraus, dass es keine Wirkung in die Ferne oder wenigstens keine in grosse Entfernung giebt. Das ist eine Hypothese; sie ist nicht immer wahr, wie das Gesetz der Schwerkraft beweist; man muss sie also der Bestätigung unterwerfen; ist sie auch nur angenähert bestätigt, so ist sie wertvoll, denn sie erlaubt uns, mathematische Physik zu treiben, zum mindesten durch allmähliche Annäherungen.

Wenn sie der Prüfung nicht Stand hält, muss man etwas anderes Analoges suchen; denn es giebt noch andere Mittel zur elementaren Erscheinung zu kommen. Wenn mehrere Körper gleichzeitig wirken, so kommt es vor, dass ihre Wirkungen unabhängig voneinander sind und sich einfach zueinander addieren, sei es nach der Art der Vektoren, sei es nach Art der skalaren Grössen. Die elementare Erscheinung ist dann die Wirkung eines isolierten Körpers. Oder auch man hat es mit kleinen Bewegungen zu thun, allgemeiner gesprochen mit kleinen Variationen, welche dem wohlbekannten Gesetze der Superposition gehorchen. Die beobachtete Bewegung wird dann in einfache Bewegungen aufgelöst, z. B. der Klang in seine Obertöne, das Licht in seine einfarbigen Bestandteile.

Hat man entschieden, von welcher Seite man zweckmässig die elementare Erscheinung suchen muss, durch welche Hilfsmittel kann man sie dann erreichen?

Da wird es oft vorkommen, dass es, um sie herauszufinden oder vielmehr dasjenige von ihr herauszufinden, was uns nützlich ist, garnicht einmal nötig ist, ihren Mechanismus zu durchschauen; das Gesetz der grossen Zahlen reicht vielmehr aus. Nehmen wir wieder das Beispiel der Wärmeausbreitung; jedes Molekül stösst gegen jedes benachbarte an; nach welchem Gesetze, brauchen wir nicht zu wissen; wollten wir irgend etwas in dieser Hinsicht annehmen, so wäre das eine indifferente Hypothese, und folglich eine unnütze, der Bestätigung unzugängliche. Thatsächlich gleichen sich durch das Spiel der Mittelwerte und dank der Symmetrie des Mediums alle Verschiedenheiten aus, und das Resultat ist immer dasselbe, welche Hypothese wir auch gemacht haben.

Derselbe Umstand tritt in der Theorie der Elastizität und in derjenigen der Kapillarität zu Tage. Die benachbarten Moleküle ziehen einander an und stossen sich gegenseitig ab; wir brauchen nicht zu wissen, nach welchem Gesetze; es genügt für uns, dass diese Anziehung erst in kleiner Entfernung merklich wird, dass diese Moleküle sehr zahlreich sind, und dass das Mittel symmetrisch ist; wir brauchen im übrigen nur das Gesetz der grossen Zahlen wirken zu lassen.

Hier verbarg sich also die Einfachheit der elementaren Erscheinung hinter der Kompliziertheit der beobachteten, resultierenden; aber diese Einfachheit ihrerseits war nur eine scheinbare und verhüllte einen sehr verwickelten Mechanismus.

Das beste Mittel, zur elementaren Erscheinung zu kommen, wäre ersichtlich das Experiment. Man müsste durch experimentelle Kunstgriffe das verwickelte Bündel auflösen, welches die Natur unsern Untersuchungen darbietet und mit Sorgfalt die möglichst gereinigten Bestandteile desselben untersuchen; man würde z. B. das weisse natürliche Licht mit Hilfe des Prismas in einfarbige Lichtarten, mit Hilfe des Polarisators in polarisierte Bestandteile auseinanderlegen.

Unglücklicherweise ist das niemals möglich, niemals ausreichend; und der Geist muss zuweilen dem Experimente vorauseilen. Ich will nur ein Beispiel anführen, welches mir immer besonders aufgefallen ist:

Wenn ich das weisse Licht auseinanderlege, so kann ich einen kleinen Teil des Spektrums isolieren, aber er bewahrt eine gewisse Breite, so klein er auch sei: Ebenso geben uns die sogenannten natürlichen einfarbigen Lichtquellen zwar einen sehr feinen, aber immerhin

keinen unendlich feinen Strahl. Man könnte nun glauben, wenn man experimentell die Eigenschaften dieser natürlichen Lichtarten studiere und mit immer feineren Strahlen arbeite und schliesslich sozusagen zu einer Grenze übergehe, werde man die Eigenschaften eines streng einfarbigen Lichtes kennen lernen.

Das wäre nicht genau. Ich nehme an, zwei Strahlen gingen von derselben Lichtquelle aus, man polarisierte sie in zwei rechtwinklig aufeinander stehenden Spiegeln, führe sie dann auf dieselbe Polarisationsebene zurück und versuche, sie zur Interferenz zu bringen. Wenn das Licht streng einfarbig wäre, so würden sie interferieren; aber mit unsern nicht entfernt einfarbigen Lichtarten erhalten wir keine Interferenz. So fein auch der Strahl ist, er müsste, damit es anders wäre, noch mehrere Millionenmal feiner sein, als die feinsten Strahlen, die wir kennen.

Hier würde uns also der Grenzübergang im Stiche gelassen haben; der Geist musste dem Experiment vorauseilen; und wenn er es mit Erfolg that, so geschah es, weil er sich von dem Instinkte der Einfachheit leiten liess.

Die Kenntnis der Elementarthatsache befähigt uns, das Problem in eine Gleichung zu bringen; es bleibt nur noch übrig, daraus durch Kombination die verwickelte Thatsache abzuleiten, die der Beobachtung und Bestätigung zugänglich ist. Das ist das, was man Integration nennt, und sie ist die Aufgabe des Mathematikers.

Man kann sich fragen, warum sich in den physikalischen Wissenschaften die Verallgemeinerung so gerne der mathematischen Form bedient. Der Grund ist jetzt leicht zu erkennen; es geschieht nicht nur, weil man zahlenmässige Gesetze auszudrücken hat; es geschieht auch, weil die beobachtete Erscheinung durch die Übereinanderlagerung einer grossen Zahl von Elementarerscheinungen zu Stande kommt, die sich untereinander durchaus gleichen; so wird man ganz natürlicherweise auf die Differentialgleichungen geführt.

Es genügt nicht, dass jede elementare Erscheinung einfachen Gesetzen gehorcht, es ist auch nötig, dass alle diejenigen, die man zu kombinieren hat, demselben Gesetze gehorchen. Nur dann kann das Eingreifen der Mathematik nützlich sein. Die Mathematik lehrt uns ja doch, gleiches mit gleichem zu kombinieren. Ihr Ziel ist, das Resultat einer Kombination vorauszusagen, ohne diese Kombination Stück für Stück immer wieder vornehmen zu müssen. Wenn man mehrere Male ein und dieselbe Operation zu wiederholen hat, so gestattet sie uns diese Wiederholung zu vermeiden, indem sie uns durch eine Art von Induktion das Resultat zum voraus erkennen lässt.

Aber dazu müssen alle Operationen unter sich gleich sein; im entgegengesetzten Falle müsste man sie wohl oder übel thatsächlich eine nach der andern vornehmen, und die Mathematik wäre überflüssig.

Der angenäherten Gleichartigkeit der von dem Physiker untersuchten Materie ist es demnach zu danken, dass die mathematische Physik entstehen konnte.

In der Naturgeschichte findet man diese Bedingungen schon nicht mehr: Gleichartigkeit, relative Unabhängigkeit entfernter Teile, Einfachheit elementarer Thatsachen; deshalb sind die Vertreter dieser Wissenschaften gezwungen, zu anderen Arten der Verallgemeinerung ihre Zuflucht zu nehmen.

Charakterisierung der physikalischen Theorien.

Der Laie ist erstaunt, wenn er sieht, wie viele wissenschaftliche Theorien überlebt sind. Nach einigen Jahren des Gedeihens sieht er sie aufgegeben; er sieht Trümmer sich über Trümmer häufen; er sieht voraus, dass die heute modernen Theorien ihrerseits über kurzem zusammenstürzen werden und schliesst daraus, dass sie durchaus nichtig seien. Er nennt das den Bankerott der Wissenschaft.

Sein Zweifel ist überflüssig; er hat sich niemals von dem Zweck und den Zielen der Wissenschaft Rechenschaft gegeben, sonst würde er lernen, dass auch noch Ruinen zu etwas gut sein können.

Keine Theorie schien fester begründet als die Fresnels, welcher das Licht Ätherbewegungen zuschrieb. Und doch zieht man ihr heute diejenige Maxwells vor. Will das etwa sagen, dass das Werk Fresnels vergeblich gewesen ist? Nein, denn das Ziel Fresnels war nicht, zu wissen, ob es wirklich einen Äther giebt, ob er aus Atomen besteht oder nicht, ob sich diese Atome wirklich in diesem oder jenem Sinne bewegen oder nicht; sein Ziel war vielmehr, optische Erscheinungen vorauszusehen.

Und das gestattet die Fresnelsche Theorie noch immer, heute so gut wie vor Maxwell. Ihre Differentialgleichungen sind immer wahr; man kann sie immer in derselben Weise integrieren und die Ergebnisse dieser Integration behaupten alle Zeit ihren vollen Wert.

Man sage nun nicht, dass wir so die physikalischen Theorien in die Rolle einfacher praktischer Rezepte herunterdrücken; jene Gleichungen drücken Beziehungen aus, und wenn die Gleichungen wahr bleiben, so heisst das, dass diese Beziehungen ihre Gültigkeit behalten. Sie lehren uns nach wie vor, dass eine Beziehung zwischen irgend einer Sache und einer anderen besteht. Nur, dass wir das, was wir einst Bewegung nannten, heute elektrischen Strom nennen. Aber diese Benennungen waren

nie mehr als Bilder, welche man den wahren Dingen untergeschoben hat, wie uns die Natur für ewige Zeiten verhüllen wird. Die thatsächlichen Beziehungen zwischen diesen wahren Dingen sind die einzige Wirklichkeit, die uns zugänglich ist, und die einzige Bedingung dafür ist, dass dieselben Beziehungen zwischen diesen Dingen bestehen, wie zwischen den Bildern, die wir notwendigerweise an ihre Stelle setzen müssen. Wenn uns diese Verhältnisse klar sind, was liegt daran, ob wir es für bequemer erachten, ein Bild durch ein anderes zu ersetzen.

Dass irgend eine periodische Erscheinung (eine elektrische Schwingung z. B.) thatsächlich durch die Schwingung einer Art von Atome zu stande komme, die sich wie Pendel in diesem oder jenem Sinne aus ihrer Gleichgewichtslage entfernen, dass ist weder gewiss noch interessant. Aber dass zwischen der elektrischen Schwingung, der Pendelbewegung und allen periodischen Erscheinungen eine innere Verwandtschaft besteht, welche einer verborgenen Wirklichkeit entspricht, dass diese Verwandtschaft, diese Ähnlichkeit, oder besser dieser Parallelismus sich bis in die Einzelheiten verfolgen lässt, dass sie eine Folgerung allgemeiner Prinzipien ist, nämlich des Prinzips der Energie und desjenigen der kleinsten Wirkung, das können wir bestätigen; das ist die Wahrheit, die alle Zeit dieselbe bleiben wird, unter jedem Gewande, mit dem wir sie herauszuputzen für gut finden.

Man hat zahlreiche Dispersionstheorien vorgeschlagen. Die ersten waren unvollkommen und enthielten ~~nur~~ einen kleinen Teil von Wahrheit. Darauf ist diejenige von Helmholtz gekommen. Dann hat man diese in verschiedener Weise modifiziert, und ihr Schöpfer selbst hat eine neue, auf den Maxwellschen Prinzipien begründete erdacht. Aber, eine bemerkenswerte Thatsache: alle Forscher, die nach Helmholtz gekommen sind, sind zu denselben Gleichungen gelangt, obwohl sie von scheinbar weit auseinanderliegenden Punkten ausgegangen sind. Ich wage zu sagen, dass diese Theorien alle miteinander wahr sind, nicht nur, weil sie uns dieselben Erscheinungen voraussehen lassen, sondern auch, weil sie uns eine wahre Beziehung enthüllen, nämlich diejenige zwischen der Absorption und der anomalen Dispersion. In den Voraussetzungen dieser Theorien ist das, was wahr ist, eben das, was allen Autoren gemeinsam ist; nämlich die Behauptung dieser oder jener Beziehung zwischen gewissen Dingen, welche die Einen mit diesem, die Anderen mit jenem Namen bezeichnen.

Die kinetische Theorie der Gase hat zu sehr vielen Einwänden Anlass gegeben, auf die schwer etwas zu entgegnen wäre, wenn man in ihr die absolute Wahrheit zu erblicken vorgäbe. Aber alle diese Einwände können nichts daran ändern, dass sie nützlich gewesen ist, und dass sie es besonders dadurch gewesen ist, dass sie uns eine wahre und ohne sie tiefverborgene Beziehung enthüllt hat, nämlich diejenige zwischen dem Gasdruck und dem osmotischen Druck. In diesem Sinne kann man doch sagen, dass sie wahr ist.

Wenn ein Physiker einen Widerspruch findet zwischen zwei Theorien, die ihm in gleicher Weise lieb sind, so sagt er zuweilen, wir wollen uns nicht darüber beunruhigen, sondern wollen die beiden Enden der Kette festhalten, obgleich uns die zwischenliegenden Glieder verborgen sind. Dieses Argument nach Art eines in die Enge getriebenen Theologen wäre lächerlich, wenn man den physikalischen Theorien den Sinn unterlegen wollte, den ihnen der Laie giebt. Im Falle des Widerspruchs müsste wenigstens eine von ihnen für falsch erklärt werden. Das ist anders, wenn man in ihnen nur das sucht, was man in ihnen suchen muss. Es kann vorkommen, dass sie beide wahre Beziehungen ausdrücken und dass der Widerspruch nur in den Bildern besteht, mit denen wir die Wirklichkeit umkleidet haben.

Denjenigen, die der Meinung sind, dass wir das den Forschern zugängliche Gebiet zu eng abstecken, möchte ich erwidern: die Fragen, die wir Euch verbieten, und die Ihr mit Bedauern preisgeben müsst, sind nicht nur unlösbar, sondern sie sind sogar illusorisch und ohne Sinn und Verstand.

Ein solcher Philosoph behauptet z. B., dass die ganze Physik durch gegenseitige Stösse der Atome zu erklären sei. Wenn er damit nur sagen will, dass zwischen den physikalischen Erscheinungen dieselben Beziehungen bestehen, wie zwischen den wechselseitigen Stössen einer grossen Zahl von Billardbällen, wohlan, so ist das der Bestätigung zugänglich und kann wahr sein. Aber er will weit mehr sagen; und wir glauben ihn zu begreifen, weil wir zu wissen glauben, was der Stoss an sich ist; warum? ganz einfach, weil wir sehr oft dem Billardspiel zugesehen haben. Meinen wir nun, dass Gott, wenn er sein Werk betrachtet, dieselben Empfindungen haben wird wie wir, wenn wir einem Billardwettkampf zusehen? Wenn wir jenen Versicherungen nicht diesen bizarren Sinn geben und ihnen noch weniger den beschränkten Sinn unterlegen wollen, den ich eben auseinandergesetzt habe und der der richtige ist, so haben sie überhaupt keinen mehr.

Die Hypothesen dieser Art haben also nur einen bildlichen Sinn. Der Forscher braucht sie sich nicht zu untersagen, ebensowenig wie sich der Dichter die Bilder versagt; aber er muss wissen, welchen Wert sie haben. Sie können nützlich sein, um dem Geiste eine Ge-

nugthuung zu geben, und sie werden nicht schädlich wirken, vorausgesetzt, dass sie nur indifferente Hypothesen sind.

Diese Erwägungen zeigen uns auch, warum gewisse Theorien, die man endgültig verlassen und vom Experimente widerlegt glaubte, plötzlich wieder aus ihrer Asche auferstehen und ein neues Leben beginnen. Darum, weil sie wahre Beziehungen ausdrückten; und weil sie nicht aufgehört hatten, das zu thun, als man aus dem einen oder anderen Grunde dieselben Beziehungen in einer anderen Sprache ausdrücken zu müssen glaubte. Sie hatten so eine Art latenten Lebens bewahrt.

Noch vor kaum 15 Jahren gab es keinen lächerlicheren, mehr überwundenen Standpunkt, als die Fluida Coulombs; und siehe da, sie erscheinen heute unter dem Namen Elektron wieder. Wodurch unterscheiden sich diese elektrisierten Moleküle von bleibender Form von den elektrischen Molekülen Coulombs? Freilich bei den Elektrons wird die Elektrizität von etwas Materie getragen; aber von wie wenig; mit anderen Worten, sie haben eine Masse; auch Coulomb verweigerte seinen Flüssigkeiten die Masse nicht oder, wenn er es that, nur mit Vorbehalt. Es wäre kühn, zu behaupten, dass der Glaube an die Elektrons nicht einst wieder erschüttert würde. Das würde nicht weniger seltsam sein, wie diese unerwartete Wiedergeburt zu konstatieren.

Das überraschendste Beispiel ist hier das Prinzip von Carnot. Carnot hat es aufgestellt, indem er von falschen Hypothesen ausging; als man bemerkte, dass die Wärme nicht unzerstörbar ist, sondern in Arbeit überführt werden kann, verliess man seine Ideen vollständig; bis dann Clausius darauf zurückkam und ihnen endgültig zum Siege verhalf. Die Theorie von Carnot brachte in ihrer ursprünglichen Form neben wirklichen, andere ungenaue Beziehungen zum Ausdruck, Überreste veralteter Ideen; aber die Anwesenheit dieser letzteren berührte nicht die Wirklichkeit der ersteren. Clausius brauchte sie nur auszumerzen, wie man tote Zweige ausschneidet.

Das Ergebnis war der zweite Hauptsatz der Thermodynamik. Es waren immer dieselben Beziehungen; obwohl diese Beziehungen nicht mehr, wenigstens nicht mehr offenkundig, zwischen denselben Dingen statt hatten. Aber sie waren genügend um dem Prinzipe seine Geltung zu sichern. Ja, selbst die Überlegungen Carnots sind hierfür nicht verloren; sie wurden auf einer mit Irrtum behafteten Grundlage aufgebaut; aber ihre Form (d. h. ihr Wesen) blieb richtig.

Was ich eben gesagt habe, beleuchtet gleichzeitig die Rolle der allgemeinen Prinzipien, wie das Prinzip der kleinsten Wirkung und dasjenige von der Erhaltung der Energie eines ist.

Diese Prinzipien haben einen sehr hohen Wert, man hat sie gefunden, indem man in dem Ausdruck der zahlreichen physikalischen Gesetze das suchte, was ihnen allen gemeinsam war; sie stellen also gleichsam die Quintessenz unzähliger Beobachungen dar.

Immerhin folgt aus ihrer Allgemeinheit selbst, worauf ich in dem Vorwort meiner Vorlesungen über Thermodynamik hingewiesen habe, dass sie nicht mehr der Bestätigungen unterworfen werden können. Da wir von der Energie keine allgemeine Definition geben können, so besagt das Prinzip von der Erhaltung der Energie einfach, dass es irgend etwas giebt, was konstant bleibt. Nun wohl, welche neuen Kenntnisse von der Welt auch immer die Experimente der Zukunft uns bringen werden, wir sind zum voraus gewiss, dass irgend etwas dabei konstant bleiben wird, was wir Energie nennen können.

Muss man deshalb sagen, dass das Prinzip keinen Sinn hat oder sich in eine Tautologie auflöst? Keineswegs, es hebt hervor, dass die verschiedenen Dinge, denen wir den Namen Energie geben, durch eine wirkliche Verwandtschaft verknüpft sind. Es stellt zwischen ihnen eine thatsächliche Beziehung her.

Wenn nun auch das Prinzip einen Sinn hat, so kann es doch falsch sein; es kann sein, dass man nicht das Recht hat, seine Anwendungen ins Unendliche auszudehnen; und wenn man im voraus sicher ist, dass es im wahren Sinne des Wortes bestätigt werden wird, wie können wir dann erfahren, wenn es die ganze Ausdehnung erreicht hat, die man ihm rechtmässig geben kann? Ganz einfach dann, wenn es aufhört, uns nützlich zu sein, d. h. uns neue Erscheinungen voraus sehen zu lassen, ohne uns zu täuschen. Wir werden in einem solchen Falle sicher sein, dass die behauptete Beziehung nicht mehr wirklich ist. Denn sonst wäre sie fruchtbar; das Experiment würde, ohne gerade einer weiteren Ausdehnung des Prinzipes zu widersprechen, es trotzdem umgestossen haben. (Schluss folgt.)

BESPRECHUNGEN.

A. Heydweiller, Die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert (Vortrag gehalten im Humboldt-Verein für Volksbildung zu Breslau, am 6. Februar 1900). 32 Seiten, Berlin 1900.

Es mehren sich seit einigen Jahren in erfreulicher Weise die Zeichen, dass sich das erkenntnistheoretische und historische Interesse in der Physik belebt. Der vorliegende Vortrag gehört zu den wohlthuenden Belegen dieser Bewegung und scheint mir berufen, sein Teil zur Förderung derselben beizutragen.

Die Jahrhundertwende wird dem Verfasser der äussere Anlass zu einer glanzvollen Heerschau der Physik des abgelaufenen Jahrhunderts. Dass als der Weisheit letzter Schluss dabei unsrer Gegenwartsarbeit die Anerkennung würdiger Mit- und Fortarbeit an der naturwissenschaftlichen Renaissance des vergangenen Jahrhunderts zu teil wird, sei besonders hervorgehoben, da zuweilen andere, uns weniger anerkennende Meinung laut werden will.

Als die zwei hervorragendsten Geistesthaten des 19. Jahrhunderts, die sich als ersten Ranges der Aufstellung des Kopernikanischen Weltsystems und der des allgemeinen Gravitationsgesetzes durch Newton würdig anreihen, werden präcisiert: Die Erkenntnis der Wesensgleichheit aller Strahlungserscheinungen und die Zusammenfassung aller Naturerscheinungen durch das Gesetz von der Erhaltung der Energie.

Von diesen beiden beherrschenden Gipfeln aus zeigt der Verfasser das grosse, in 100jähriger, so fruchtbarer Forschungsarbeit eroberte Gebiet. Klar und geistvoll werden die hervorragenden Forschungen dargestellt und um die grossen Forschernamen gruppiert, die den Entwicklungspfad markieren. Nur das prinzipiell Bedeutsame wird hervorgehoben, die theoretischen Ziele und Wandelungen werden scharf umrissen, Unwesentliches bleibt unerwähnt, kurz, wir haben hier einen von vertiefter wissenschaftlicher Anschauung aus erfassten Geschichtsabriss der Physik im 19. Jahrhundert.

Es ist zu wünschen, dass der Vortrag recht viel gelesen wird; namentlich auch von den Lehrenden und Studierenden der Naturwissenschaften, denen er den weiten, von unwesentlichen Einzelheiten nicht verwirrten Blick vermitteln helfen wird, ohne den es weder ein erfolgreiches Lernen, noch auch Lehren oder gar Forschen giebt. Und wie not thut noch immer gerade so vielen Lehrenden zu wissen, was für den Unterricht wesentlich und unwesentlich ist. Die Pflege geschichtlicher und erkenntniskritischer Betrachtung im Sinne des vorliegenden Vortrags wird hier unschätzbare Dienste leisten. H. Th. S.

(Eingegangen 1. Dezember 1900.)

F. Harrwitz, Adressbuch für die deutsche Mechanik und Optik und verwandte Berufszweige. 2. Auflage. Bd. II. Berlin 1900. VIII und 424 Seiten. F. u. M. Harrwitz. Preis geheftet 8 Mk., gebunden 10 Mk.

Vor einiger Zeit ist nun auch der zweite Band des genannten Adressbuches, auf den wir schon in Nr. 33 des vorigen Jahrganges hingewiesen haben, erschienen und es soll auch an dieser Stelle nochmals auf die Wichtigkeit dieses Buches aufmerksam gemacht werden. Namentlich ist es der vorliegende Band, welcher das Interesse der wissenschaftlichen Institute wahrnimmt, indem in diesem Bande alle Institute, Korporationen, höhere Lehranstalten, sowie auch die Exporteure, Konsulate u. s. w. angeführt sind, mit denen der Mechaniker und Optiker in Beziehungen zu treten hat. Für den Physiker ist es gewiss wichtig, zu wissen, ob und welche wissenschaftlichen Institute sich an bestimmten Orten befinden, die in der Lage sind, ihm event. in Fragen örtlicher Natur Auskunft und Unterstützung in seinen Arbeiten zu verschaffen, oder an welche Behörden er sich in solchen Fällen etwa wenden kann. Von diesem Gesichtspunkte aus ist der vorliegende Band des Adressbuches auch für jeden Naturwissenschaftler (im weitesten Sinne) als Nachschlagewerk von Bedeutung.

Wenn Referent nach Skizzierung des Inhaltes des vorliegenden Bandes sich noch einen Zusatz erlauben darf, so ist es der Hinweis darauf, dass es bei der Herstellung solcher Werke sehr schwierig ist, eine gewisse Vollständigkeit und Richtigkeit der Angaben zu erlangen, wenn nicht alle Beteiligten dem Herausgeber hilfreich zur Seite stehen. Daher liegt es im eigenen Interesse auch der einzelnen Gelehrten und wissenschaftlichen Institute, wenn etwa aufgefundene Mängel an geeigneter Stelle angezeigt werden, so dass dieselben später abgestellt werden können. Jeder nützt dadurch nicht nur dem Werke, sondern auch der Gemeinschaft Aller. Wie bei allen kompilatorischen Werken ähnlicher Art ist die Beschaffung zuverlässigen Materials meist auf die Mitwirkung der späteren Interessenten selbst gegründet. L. A.

(Eingegangen 7. Dezember 1900.)

C. Bremiker, Logarithmisch - trigonometrische Tafeln mit fünf Dezimalstellen. 8. Stereotyp-Ausg., besorgt vom Prof. Dr. A. Kallius. Berlin, Weidmannsche Buchhandlung 1900. Mk. 1.20.

Wenn an dieser Stelle auf die in neuer Auflage erschienenen bekannten Tafeln hingewiesen wird, so geschieht das nicht, um von neuem auf den früheren Inhalt derselben hinzuweisen, sondern ganz besonders wegen einer Vermehrung, welche die neue Ausgabe durch Hinzufügung der von Dr. M. v. Rohr berechneten trigonometrischen Tafeln der kleinen Winkel erfahren hat. Bekanntlich ist es namentlich bei optischen Rechnungen von Wichtigkeit, die Funktionen der kleinen Winkel gut und in genügend engen Intervallen tabuliert zu haben.

In der Haupttafel schreitet bekanntlich das Argument der goniometrischen Funktionen von $0^0.01$ zu $0^0.01$ fort; dementsprechend ist für die Winkel bis zu 5^0 das Intervall von $0^0.001$ zu $0^0.001$ gewählt worden, wodurch die Tafel durch leichte Interpolation die Funktion noch für $0^0.0001$ giebt. Da dieser Betrag etwa $^1/_3$ Bogensekunde entspricht, so hätten, da die Tafel nur fünfstellige Logarithmen enthält, die Interpolationstafeln bei den Winkeln über 3^0, als über die Genauigkeit der Tafel selbst hinausgehend, wohl ganz wegbleiben können und lieber den ganz kleinen Winkeln solche zugefügt werden sollen. Wegen der bei optischen Rechnungen sich aber leicht anhäufenden Abrundungsfehlern mögen auch dort dieselben wohl beigesetzt worden sein. Die Tafel des Hr. Dr. v. Rohr wird vielen praktischen Rechnern von Wert sein, sie bedeutet einen Schritt weiter zur Einführung der zunächst gewiss allein zu erreichenden Dezimalteilung des „90-teiligen" Grades. L. A.

(Eingegangen 7. Dezember 1900.)

Personalien.

Der ordentliche Professor der Physik an der böhmischen Technischen Hochschule in Prag, Hofrat Karl Zenger, ist in den Ruhestand getreten.

E. Ketteler, ordentlicher Professor der Physik an der Akademie zu Münster i. W. ist daselbst am 8. Dezember an den Folgen einer Influenza gestorben.

Briefkasten.

Cavendish Laboratorium, Cambridge (England), 1. Dez. 1900.

An die Redaktion der physikalischen Zeitschrift.

Es wird für Ihre Leser, besonders diejenigen, die elementare Physik vorzutragen haben, von Interesse sein, zu erfahren, dass alle Erscheinungen, die in dem in Ihrer Zeitschrift (**I**, S. 557) abgedruckten Aufsatze „Vorlesungsdemonstration über Wellenbewegung" behandelt sind, sich vorteilhaft in folgender Weise projizieren lassen (siehe Fig. 1). Das Licht einer Bogenlampe (oder auch einer Petroleumlampe) wird unter einem Winkel von ungefähr 45^0 gegen die Horizontale durch den Glasboden eines Troges hindurch aufwärts geworfen. Jede Erschütterung auf der Wasseroberfläche wird dann auf dem vertikalen Schirm sichtbar. Man verwendet klares Wasser in einer Schicht von 2—3 mm; die Kräuselungen der „brechenden Fläche" zeichnen sich dunkel auf hellem Grunde ab, so dass ihre Lage und Form als Schatten auf dem Schirme sichtbar werden.

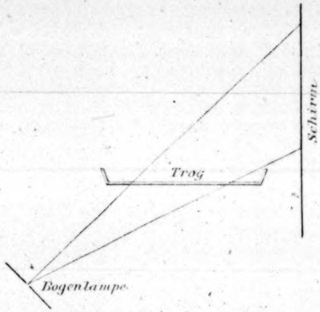


Fig. 1.

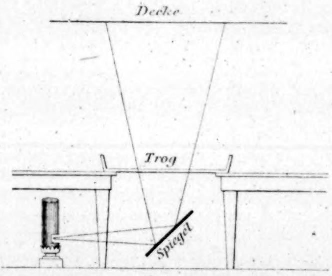


Fig. 2.

Vielleicht ist folgende Anordnung noch einfacher (siehe Fig. 2): Der Trog wird querüber zwischen zwei Tische gestellt, und mit Hilfe eines Spiegels werden die Wellen direkt an die Decke projiziert.

Die Art der Handhabung ist dieselbe, wie in dem erwähnten Artikel beschrieben, aber es können kleinere Reflektoren u. s. w. verwendet werden. Um kreisförmige Wellen zu erregen, genügt im allgemeinen eine Berührung der Wasseroberfläche mit einem Finger, obgleich eine kleine runde Scheibe stärkere Wellen giebt.

In der Hoffnung, dass das Obenstehende von Nutzen für Ihre Leser sein möge, bin ich

Ihr ergebener

Will. C. Baker.

Berichtigungen.

In dem Aachener Vortrag von Professor Richarz, Über Temperaturunterschiede in auf- und absteigenden Luftströmen, Heft 10, ist auf Seite 153, zweite Spalte, Zeile 22 von unten statt Q, O; Seite 154, erste Spalte, Zeile 30 von unten statt Röhrennetz, Röhrenviereck; Seite 154, zweite Spalte, Zeile 7 von oben statt langsam, langsamer zu lesen.

Anzeige.

Physiker

tüchtig und vermögend, kann als **Socius** in ein **gut rentierendes** physikalisch-technisches Laboratorium eintreten. Interessante Thätigkeit. Offerten mit Angabe der ev. verfügbaren Mittel unter **G. K. 131** an **Rudolf Mosse, Berlin,** Leipzigerstr. 103.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.